

*Mühendisliğin doğru ve en önemli sorusu
"ne kadar iyiyi bulduk" olmalıdır.
Ne kadar ucuz olduğunu sormak değil.
Cevap "yeteri kadar iyi" ise,
çözüm de yeteri kadar "ucuzdur".*

Sunus

Dostum, mühendislik yoldasım **Dr. Karaesmen** ve değerli arkadaşlarının yazdığı ülkemiz için çok faydalı bir esere sunus yazısı yazmak, benim için; kivanç verici bir onur olduğu kadar zorlu bir görev de oldu. Kitabın baskısını geciktirmek pahasına, günlerce düşündüm. İstiyordum ki; **sunus** filozof mühendis, düşünür mühendis, sanatkâr mühendis **Dr. Karaesmen'e** ve aklını yüregini öğrencilerine adanmış **Erhan** Hoca'ya yarasır bir sunu olsun. Ne kadar basardım bilemem.

İnsaat mühendislerine sunulan taşıyıcı sistem malzeme olanakları arasında **öngörilmeli betonun**; artan araştırmalar, ilerleyen teknolojiler ile gelişerek **en verimli taşıyıcı sistem malzemesi** konumuna geldiğini gözlemliyorum. Bugün; ister beton dökümünden önce; isterse beton dökümünün ardından betona verilen ön germe kuvvetleri ile oluşturulan **öngörilmeli beton teknolojisi**; inaat mühendislerine büyük açıklıkları ekonomik geçme, normal betonarmenin birçok özürlerini giderme, taşıyıcının ömrünü uzatma gibi faydalarının yani sıra daha ekonomik, daha estetik, daha güvenli, daha narin yapılar inşa etme gibi geniş olanaklarda sunmaktadır.

İnaniyorum ki, üzerinde yaşadığımız planetin en önemli sorunu **çevre** duyarlığı konusunda, insanlığın bilinci artıkça, **öngörilmeli betonun** üstünlükleri, daha da değer kazanacak ve kullanımı gittikçe yaygınlaşacaktır. **Öngörilmeli beton** en basit anlatımla betona dökümden önce veya sertleştikten sonra basınç verme teknolojisidir ve betonarme'nin gelişiminin devrim niteliği taşıyan bir aşamadır.

Taşıyıcılara öngörülme verilmesi soyut fikri çağlarca öncelere giden bir düşünce olduğu biliniyor. Hatta; bu fikir; binlerce yıldan beri çeşitli alanlarda uygulanıyor (*Tekerleğin çeperindeki öngörülme uygulaması, su ve sarap fiçilerine uygulanan ön gerilme gibi*). Fakat bu soyut fikrin betonarmeye başarı ile uygulanması o kadar kolay olmadı. Ancak; 1928 yılında **Equen Freyssinet** öngörilmeli betonda başarılı ve verimli sonuçlar elde etmek için; yüksek dayanimli çeliklerin ve betonun gerekli olduğunu; bu konuda gözlenen başarısızlığın, betonun zamanla kışılması olan **rötre** ve çeliğin zamanla uzaması olan **sünme** den kaynaklandığını matematiksel olarak belirlemesinden sonra uygulamalarda büyük başarılar kazanılmaya başlandı. Ayrıca **Freyssinet** 1929 yılında 10.000 tonluk yükleri oluşturan verenler üreterek **öngörilmeli beton'un** babası olma ünvanını da hak etti.

Betonarmenin ve Öngörilmeli Betonunun tarihsel gelişimi incelendiğinde; betonarmenin pratikten doğduğu görülür. Betonun çekme mukavemetinin, basınç mukavemetine görece olarak çok az olması özürü çelik donatı ile giderildi. Diğer kelimelerle çekme bölgelerinde oluşan çatlaklar, bu çatlaklara dik yönde konulan çelik dikislerle dikilerek daha fazla taşıyıcılık sağlandı. Bu yöntem yoğun laboratuvar araştırmaları ve birazda matematiğin yardımı ile durmadan geliştirildi. Böylece **çatlak dikme sanatı olarak** tanımladığım **betonarme** bilimi oluştu.

Oysa ki **öngörilmeli beton** deneme yanılma metodu olarak pratikten doğamazdı. Zaten mühendislerin zihninde soyut bir fikir olarak duruyordu. Uygulamaya malzeme davranışlarının fiziksel olarak belirlenmesi, prensiplerin matematiksel ifadesi ve sistematik deneylerle bulguların laboratuvarlarda sinanmasından sonra rasyonel olarak uygulamaya konulabildi. Günümüzde teknolojilerin gelişmesi ve bilgilerin artması ile **öngörilmeli beton** mühendislere yeni ufuklar açıyor ve yepyeni olanaklar sunuyor.

Ülkemizde; bir çok konuda olduğu gibi; en verimli ve güvenli taşıyıcı sistem teknolojisi olan önerilmeli beton teknolojisinin yaygınlaşmamasının en önde gelen sebebi bu konuya yakın olanlar için açıktır: Önerilmeli beton, ülkemizde klasik betonarme gibi algılanmakta ve önerilmeli betonun davranışları betonarmeden türetilen prensiplerle açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu fırsattan istifade ederek bu kitapta da islenen **önerilmeli beton** özelliklerinin; betonarme davranışı ile farklarının altını çizmekten kendimi alamayacağım.

Bilindiği gibi; klasik bir betonarme taşıyıcıda dış yükler yokken, beton ve donatı gerilmeleri sıfırdır. Yükleme başlayınca, taşıyıcının kesitlerinin çekme bölgelerinde hemen çatlaklar oluşur. Betonun basınç bölgesindeki gerilmeler çatlama ile artar ve aynı zamanda donatılardaki çekme gerilmeleri yükselir. Yükler daha da artırılırsa, betondaki basınç ve donatılardaki çekme gerilmeleri iyice yükselir. Basınç gerilmelerinin bileşke kuvveti ile donatılardaki çekme gerilmelerinin bileşke kuvvetinin oluşturduğu kuvvet çifti; artan momentleri karşılar. Betonarme teorisinden bildiğimiz gibi bu kuvvet çiftinin arasındaki mesafe (*manevela kolu*) yüklerin artması ile pratik anlamda hemen hemen hiç değişmez. Artan kesitlerdeki gerilmelerdir.

Oysa ki **Önerilmeli Betonun** artan yüklerle davranışı betonarme davranışından tamamen değişiktir ve iki davranış arasında çok temel bir fark vardır. Önerilmeli betonda beton kesitlerdeki basınç kuvveti bileşkesi, önerilme çeligi ile kesite uygulanan çekme kuvvetine eşittir ve artan yükler karşısında bu iki değer hiç değişmez; pratik anlamda sabit kalır. Kesit artan yüklerle oluşan fark momentleri bu sabit kuvvetler arasındaki mesafeyi (*manevela kolu*) artırarak karşılar. Diğer kelimelerle; basınç gerilmelerinin bileşkesinin tatbik noktası, manevela kolunu artıracak yönde değişir iç kuvvet çifti sabit kalır, bu iki kuvvet arasındaki mesafe artar.

Özetlenirse, betonarmede çelik donatı bir takviyedir ve pasif davranışlıdır. Gerilmeleri artan yüklerle yükselir. Önerilmeli betonda çelik bir takviye değildir, çelikteki germe kuvveti yüklerle göre değişmeksizin, mühendis tarafından istenildiği şekilde oluşturulan bir iç kuvvettir. Önerilme betonu, mühendisi aktif kılar, ona yaratıcı çözüm bulma yetisi vererek çok özel **basarı** olanakları, mesleki tatmin duyguları sunar. Kısaca; **önerilmeli beton** teknolojisi mühendisin kontrolünde güvenli bir metoddur. Betonarme ise yüklerin kontrolünde ampirik bir metoddur.

Diğer taraftan bilindiği gibi; betonarmede çatlak oluşumu kaçınılmaz bir olgudur. Çatlaklar yapının ömrünü kısaltır. Önerilmeli betonda çatlak yok edilmistir veya çatlak genişliği mühendis tarafından istenildiği gibi kontrol edilebilir. Diğer önemli bir davranış farkında önerilmeli beton taşıyıcıların dıstan izostatik olsalar bile içten hiperstatik olmalarıdır. Baska bir anlatımla, kesitlerin şekil değiştirmeleri hesaplara dahil edilmeden; kesitlerde oluşan gerilmeler hesap edilemez. Ayrıca gerilme hesaplarında **zamanın** etkisinde gözletilmek zorundadır. Hesap yönteminin bu karmaşık görünen yapısına rağmen **önerilmeli beton** hesaplarının sonuçları, betonarme hesaplarına kıyasla, gerçek durumu çok daha iyi yansıtır. Diğer kelimelerle önerilmeli betonların mühendislik hesapları daha güvenlidir.

Özetlenirse; önerilmeli beton ile konvansiyonel betonarme arasında her iki sistemde beton ve çelik kullanılmasının ötesinde **hiç bir benzerlik yoktur**.

Ülkemiz literatürüne çok önemli bir katkı yapacağına inandığım elinizdeki bu kaynak kitap okundukça; önerilmeli betonun; nefes kesici gelişim serüveni, betonarme ile davranış farkları, hesap yöntemleri, teknolojileri, ülkemizdeki bazı uygulamaları, çağdas ülkelerdeki uygulamaları, ülkemizde gelişme nedenleri ve ülkemizde de kullanımının artması gerektiği çok daha iyi anlaşılacaktır.

Elinize ve aklınıza sağlık diyor, Türk İnşaat Sektörü adına Dr. Karaesmen ve arkadaşlarının emeklerine teşekkürler sunuyorum.

Ersin ARIOGLU
Agustos 2002 - Çamlıca